

На правах рукописи

Сайфутдинов Марат Саматович

**СОМАТОСЕНСОРНОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕАЛИЗАЦИИ
ЦЕНТРАЛЬНЫХ МОТОРНЫХ ПРОГРАММ ПРОСТЫХ
ДВИГАТЕЛЬНЫХ АКТОВ**

03.03.01 – физиология

АВТОРЕФЕРАТ

диссертации на соискание ученой степени
доктора биологических наук

Казань 2013

Работа выполнена на базе лаборатории физиологии движений и нейрофизиологии ФГБУ «Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» имени академика Г.А. Илизарова» Министерства здравоохранения РФ, г. Курган

Научный консультант:

доктор биологических наук, профессор **Шеин Александр Порфирьевич**

Официальные оппоненты:

доктор медицинских наук, профессор **Аухадеев Эрик Ильясович**, заведующий кафедрой реабилитологии и спортивной медицины ГОУ ДПО Росздрава «Казанская государственная медицинская академия»

доктор биологических наук, профессор **Кузнецов Александр Павлович**, заведующий кафедрой анатомии и физиологии человека ФГБОУ ВПО Курганский государственный университет

доктор биологических наук, профессор **Нигматуллина Разина Рамазановна**, профессор кафедры нормальной физиологии ГБОУ ВПО «Казанский государственный медицинский университет»

Ведущая организация: Институт иммунологии и физиологии УРО РАН, г. Екатеринбург

Защита диссертации состоится « 10 » сентября 2013 года в ____ часов на заседании диссертационного совета Д 212.081.28 при ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по адресу: 420008, г. Казань, ул. Левобулачная, д. 44.

С диссертацией можно ознакомиться в библиотеке им. Н.И. Лобачевского при ФГАОУ ВПО «Казанский (Приволжский) федеральный университет» по адресу: 420008, г. Казань, ул. Кремлевская, 35.

Автореферат разослан «__» _____ 2012 г.

Ученый секретарь
диссертационного совета
доктор медицинских наук, профессор

Зефилов Тимур Львович

ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

Актуальность. Формирование центральных моторных команд, обеспечивающих целенаправленную деятельность, происходит на высших уровнях сенсомоторной системы на основе разных видов афферентации [П.К. Анохин, 1971, 1975]. В большинстве работ, посвящённых этому вопросу, основное внимание уделяется пусковой афферентации и сенсорным сигналам [Ю.Т. Шапков, Н.П. Анисимова и др., 1988], непосредственно связанным с функционированием мышц и суставов (проприоцепции). В меньшей степени, но всё же освещены вопросы, связанные с обстановочной афферентацией [Я.А. Альтман и др. 2004; Ю.С. Левик, 2006], преимущественно зрительной и слуховой – дающей двигательному анализатору сведения о «поле деятельности» в целом. Практически за пределами внимания физиологии движения остаётся значительный массив сенсорной информации, поступающей по экстралемнисковым путям соматосенсорного анализатора [R.F. Schmidt, G. Thews, 1983]. О ней лишь известно, что данная афферентация имеет широкое влияние на состояние общих неспецифических систем регуляции состояния ЦНС [R.F. Schmidt, G. Thews, 1983] и формирование внутренних моделей [В.С. Гурфинкель и др., 1996; Ю.С. Левик, 2006]. Имеются отдельные работы (В.И. Алатырев, 1988; В.И. Алатырев и др., 1990), указывающие на роль повышенного уровня тканевой рецепции в возникновении защитных моторных рефлексов. Эти данные позволяют предположить, что сенсорная информация, поступающая в ЦНС по экстралемнисковым путям, имеет определённое значение в общем обеспечении моторной активности, в процессах формирования новых и перестройке ранее существовавших моторных программ [А.П. Шеин, 1998; А.П. Шеин, Г.А. Криворучко, 2012].

Данный вид афферентации должен влиять на характер взаимодействия между уровнями построения движения. Изучение этой проблемы рассматривалось Н.А. Бернштейном (1947) в качестве одной из важнейших очередных задач физиологии моторного акта [Н.А. Бернштейн, 1947; Д. Козаров, Ю.Т. Шапков, 1983].

Проявление влияния экстралемнисковой активности на моторную функцию продемонстрировано на клинических и экспериментальных моделях В.И. Алатыревым с соавторами [1987, 1990]. Центральная команда из высшего кортикального уровня сенсомоторной системы взаимодействует на входе моторного ядра заинтересованной мышцы, как конечного эффектора, с местными спинальными программами, деятельность которых модулируется текущей интероцептивной афферентацией. Итогом такого взаимодействия становится степень реализации центральной команды в виде ЭМГ- паттерна соответствующей мышцы. Разработанную при этом методическую основу можно использовать для изучения роли соотношения лемнискового и экстралемнискового компонентов соматосенсорной афферентации в организации и реализации моторной активности в ситуацию асимметрии длины конечностей. Такого рода модель позволяет проследить развитие моторной программы в условиях, биомеханически отличных от оптимальных. Коррекция подобных состояний методом дистракционного остеосинтеза, с одной стороны, меняет состав афферентации, с другой, порождает необходимость перестройки исходно существовавшей моторной программы в соответствии с изменившейся анатомией [А.П. Шеин, 1981; А.П. Шеин, 1998; А.П. Шеин, Г.А. Криворучко, 2012]. При этом необходимо изучить конкретные физиологические механизмы получения специфической соматосенсорной информации на основе неспецифической (экстралемнисковой) афферентации. В доступной литературе данный вопрос обсуждается, на наш взгляд, не в достаточной степени активно.

В связи с вышесказанным, **цель исследования**: оценка роли фоновой афферентации экстралемнискового генеза в сенсомоторной системе при реализации центральных моторных программ простых двигательных актов.

В соответствии с целью были поставлены следующие **задачи**:

- 1)изучить особенности проявления тонической активности двигательных единиц мышц экспериментальных животных в условиях изменённой текущей соматосенсорной афферентации;

- 2) описать и произвести оценку информативности электрофизиологических характеристик, наиболее полно отражающих перестройку центральных систем регуляции сенсомоторного аппарата;
- 3) выявить ЭМГ- корреляты адаптационной реакции двигательных единиц мышц удлиняемой конечности (в условиях теста «максимальное произвольное напряжение») на воздействие длительного дозированного растяжения тканей;
- 4) изучить влияние длительного дозированного растяжения тканей при удлинении конечностей на уровень надёжности информационных процессов в соматосенсорном анализаторе у человека;
- 5) вскрыть основные закономерности процессов ассимиляции соматосенсорной афферентации при реализации центральных моторных программ простых двигательных реакций у испытуемых с изменёнными анатомическими и биомеханическими характеристиками конечностей.

Научная новизна. Впервые представлена расширенная и углублённая физиологическая интерпретация предложенной ранее классификации усреднённой вызванной биоэлектрической активности коркового отдела соматосенсорного анализатора и разработанная на её основе шкала оценки функционального состояния соматосенсорного анализатора.

Получены новые данные, раскрывающие значение качественного и количественного соотношения специфической и неспецифической активности в соматосенсорной системе для механизмов регуляции моторной активности мышц конечностей у человека.

На основе теории адаптации систематизировано многообразие ЭМГ-паттернов и их пространственных комбинаций при максимальном произвольном напряжении мышц конечностей в условиях клинической модели пролонгированного экстремального механического воздействия на периферические сенсомоторные структуры и ассиметричного функционирования сенсомоторных модулей.

Положения, выносимые на защиту.

1. Длительное дозированное растяжение тканей удлиняемой конечности приводит к изменению соотношения лемнискового и экстралемнискового компонентов соматосенсорной афферентации, что проявляется в закономерной (в соответствии с фазами адаптивного процесса) смене характера вызванной биоэлектрической активности первичной проекционной коры соматосенсорного анализатора.

2. Изменение характера соматосенсорной афферентации в зависимости от стадии адаптивного процесса к длительному дозированному растяжению тканей обеспечивает генерацию моторной программы тонического защитного рефлекса мышц удлиняемой конечности, адекватную условиям поддержания в них трофического баланса.

3. Защитный тонический рефлекс ограничивает активность ансамбля α -мотонейронов, вовлечённых в произвольную активацию мышц удлиняемой конечности, и тем самым трансформирует центральную программу данного простого моторного акта, приводя её в соответствие с условиями функционирования.

4. Биологическая обратная связь, организованная на основе параметров моторной активности, позволяет преодолевать избыточный афферентный шум в сенсомоторной системе, улучшая качество управления произвольным напряжением мышц в условиях удлинения конечностей.

Теоретическая и практическая значимость. Проведённое исследование показало, что нарастание сенсомоторного дефицита на поздних стадиях удлинения конечности связано не только с непосредственными структурными изменениями в рецепторном аппарате и нервных проводниках, но и со снижением надёжности функционирования механизмов передачи и преобразования информации в сенсорных и моторных отделах ЦНС.

Представленный набор интегративных показателей, отражающий общее состояние сенсомоторной системы ортопедических больных, их динамика в

процессе развития патологического процесса и лечения характеризует степень надёжности реализации сенсомоторной функции.

Полученные результаты могут быть использованы для совершенствования диагностических тестов уровня сенсомоторного дефицита и контроля состояния сенсомоторной системы на разных стадиях процесса адаптации к воздействию факторов оперативного вмешательства, позволяющего прогнозировать риск развития неврологических осложнений при лечении больных ортопедического профиля.

Апробация материалов работы. Материалы исследования обсуждались на III Всероссийской научно-практической конференции «Инжиниринг в медицине», Челябинск, 2002 г.; на Сибирской межрегиональной научно-практической конференции «Боль и паллиативная помощь», Новосибирск, 2002 г.; на 4-ом Сибирском физиологическом съезде, Новосибирск, 2002 г.; на VI Всероссийской конференции по биомеханике, Нижний Новгород, 2002 г.; на Международной дистанционной научно-практической конференции «Современные информационные технологии в диагностических исследованиях» СИТДИ-2002, Днепропетровск, Украина, 2002 г.; на VIII Российском национальном конгрессе «Человек и его здоровье», С.-Петербург, 2003 г.; на международной конференции «Морфофункциональные аспекты регенерации и адаптивной дифференцировки структурных компонентов опорно-двигательного аппарата в условиях механических воздействий», Курган, 2004 г.; на XIX съезде физиологического общества им. И.П. Павлова, Екатеринбург, 2004 г.; на XVIII Всероссийской научной конференции гистологов «Фундаментальные и прикладные проблемы гистологии. Гистогенез и регенерация тканей», С.-Петербург, 2004 г.; на VII Конгрессе Международной ассоциации морфологов, Казань, 2004 г.; на X Российском национальном конгрессе «Человек и его здоровье», С.-Петербург, 2005 г.; на I Всероссийской с международным участием конференции по управлению движением, Великие Луки, 2006 г.; на I Всероссийской научно-практической конференции, Курган, апрель, 2007 г.; на Всероссийской научно-практической конференции «Клиника, диагностика и лечение больных с

врожденными аномалиями развития», Курган, май, 2007 г.; на XX съезде Российского физиологического общества имени И.П. Павлова, Москва, 2007 г.; на Всероссийской научной конференции с международным участием «Структурно-функциональные, нейрохимические и иммунохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга», Москва, 2007 г.; на VIII съезде травматологов-ортопедов Республики Беларусь, Минск, 2008 г.; на II съезде травматологов-ортопедов Уральского Федерального округа, Курган, 2008 г.; на Международной научно-практической конференции «Актуальные вопросы хирургии верхней конечности», Курган, 2009 г.; на Всероссийской заочной научно-практической конференции «Актуальные вопросы физиологии, психофизиологии и психологии», посвящённой 180-летию со дня рождения И.М. Сеченова, Уфа, 2009 г.; на II Всероссийской научно-практической конференции «Состояние окружающей среды и здоровье населения», Курган, 2009 г.; на заочной Всероссийской научно-практической конференции «Немедикаментозная оптимизация состояния человека», Тамбов, 2009 г.; на X Всероссийской конференции «Биомеханика-2010», Саратов, 2010 г.; на Всероссийской научно-практической конференции «Илизаровские чтения», Курган, 2010 г.; на III Всероссийской конференции «Состояние окружающей среды и здоровье населения», Курган, 2011 г.

Публикации. Материалы диссертации опубликованы в 95 работах, из которых 18 статьи в журналах, рекомендованных ВАК РФ; одна монография «Локальные и системные реакции сенсомоторных структур на удлинение и ишемию конечностей», опубликованная в соавторстве с А.П. Шеиным и Г.А.Криворучко при поддержке РФФИ (заявка 06-04-62019 от 18.08.2005), две главы в двух монографиях, один патент на изобретение, одни методические рекомендации.

Структура диссертации. Диссертация изложена на 332 страницах и состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, четырёх глав с изложением результатов собственных исследований, обсуждения результатов, заключения, выводов, практических рекомендаций и списка цитируемой литературы, содержащего 483 литературных источника (из

них отечественных - 338, зарубежных - 145). Работа иллюстрирована 74 рисунками и 32 таблицами. Диссертация выполнена в соответствии с планом НИР РНЦ «ВТО» имени академика Г.А. Илизарова.

ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

В работе использованы результаты электрофизиологических исследований 27 здоровых испытуемых (10 мужского и 17 женского пола) в возрасте 15-45 лет и 255 испытуемых (133 мужского и 122 женского пола) в возрасте 11-43 лет с асимметрией длины, а так же изменениями пропорций верхних (127) и нижних (128) конечностей врождённой и приобретённой этиологии, а также 165 экспериментальных животных - взрослых беспородных собаках обоего пола в возрасте 3-5 лет, весом 6-27 кг.

У испытуемых регистрировались электромиограмма (ЭМГ) мышц конечностей при максимальном произвольном напряжении (отведение биполярное через накожные электроды), электроэнцефалограмма (ЭЭГ) в покое, соматосенсорные вызванные потенциалы (ССВП) при контра- и ипсилатеральном отведении в ответ на электрораздражение кожных рецептивных полей конечности (длительность импульса 0,1 мс, интенсивность – двойной сенсорный порог, количество усреднений в двух пробах соответственно 50 и 1000), пороги температурной и болевой чувствительности кожных рецептивных полей плеча, предплечья и кисти. Обследования проводились до начала удлинения, в процессе дистракционного остеосинтеза и в течение двух лет после снятия аппарата Илизарова. 15 испытуемых в процессе удлинения конечности выполняли тренировочные упражнения с приборами биологической обратной связи (БОС).

У экспериментальных животных регистрировали ЭМГ покоя мышц голени и их М-ответы при супрамаксимальном раздражении седалищного нерва. Обследования проводили до удлинения голени, в процессе дистракции, фиксации и через 30 дней после снятия дистракционного аппарата.

При проведении обследований использовались: цифровая 16-канальная ЭЭГ-система «PEGASUS» (EMS, Австрия), анализатор биоэлектрической

активности «BASIS-2381» (BIOMEDIKA, Италия); цифровая ЭМГ-система «DISA-1500» (DANTEC, Дания); электроэстеziометр. Для реализации функционального биоуправления применяли биосигнализаторы «Сигнал-КД» и «Миотоник-02», а также «Модуль коррекции движений электронный двухканальный» («МКДЭ-2»).

Проводился общий типологический анализ полученных паттернов биоэлектрической активности, который заключался в распределении их по таксономическим единицам в соответствии с выбранными наборами значимых признаков, определения частоты встречаемости ($\nu_i\%$) таксономических единиц. Сравнивались значения параметра $\nu_i\%$ в разных группах испытуемых, и прослеживалась его динамика в процессе дистракционного остеосинтеза.

Частота встречаемости отдельных таксономических единиц биоэлектрических паттернов рассчитывалась по формуле:

$$\nu_i = \frac{n_i * 100\%}{N}, \quad (1)$$

где n_i – число наблюдений i -ого паттерна активности, N – общее количество наблюдений в рассматриваемой группе на соответствующем этапе исследования. При малых значениях N параметр ν_i не переводится в проценты и из формулы (1) удаляется соответствующий множитель (100%).

Количественные характеристики биопотенциалов подвергались статистической обработке. Вычисляли следующие статистические параметры (P): среднее арифметическое (M), медиану (Me) и моду (Mo), ошибку среднего арифметического (m). В качестве показателей вариативности параметров использовали стандартное отклонение (σ) и коэффициент вариации (KV) как отношение стандартного отклонения к среднему арифметическому.

Вычисляли степень изменения (Δ_p) статистических характеристик анализируемой выборки под воздействием факторов вмешательства относительно некоторого эталонного значения:

$$\Delta_p = \frac{P_t * 100\%}{P_e}, \quad (2)$$

где Δ_p – степень снижения параметра (P), P_t – текущее значение параметра, P_e – эталонное (etalon) значение параметра, в качестве которого может выступать нормативная (P_N) и/или исходная (дооперационная) величина (P_0). Тогда формула (2) принимает вид одного из двух возможных:

$$\Delta_p = \frac{P_t * 100\%}{P_N} \quad (2a) \quad \Delta_p = \frac{P_t * 100\%}{P_0} \quad (2б)$$

Оценка характера статистического распределения анализируемых параметров проводилась по нескольким критериям: по степени соответствия вида гистограммы кривой нормального распределения; по степени совпадения значений среднего арифметического, моды и медианы анализируемой выборки данных; по величине соотношения среднего арифметического и стандартного отклонения; по величине асимметрии (A_s) и эксцесса (E_x), а также на основании использования критерия Колмогорова-Смирнова. В случаях, когда статистическое распределение анализируемого параметра соответствовало критериям нормальности, для оценки значимости наблюдаемых изменений использовали критерий Стьюдента. Если анализируемая выборка не соответствовала критериям нормальности и/или имела малый объём, то для оценки значимости наблюдаемых изменений использовали непараметрический критерий Мана-Уитни.

Рассчитывали коэффициент асимметрии (K_{As}) параметра как отношение разности между максимальным (A_{max}) и минимальным (A_{min}) его значениями в симметричных точках отведения к максимальному:

$$K_{As} = \frac{(A_{max} - A_{min}) * 100\%}{A_{max}} \quad (3)$$

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ

ЭМГ- картина динамики биоэлектрической активности покоя мышц удлиняемой голени экспериментальных животных (табл. 1) соответствует наблюдениям за изменением спонтанной активности у людей с асимметрией длины конечностей в аналогичных условиях. Источником ПФК является

активность тонически возбуждённых, через механизмы защитного рефлекса, медленных ДЕ. Она возникает сразу в послеоперационном периоде и сохраняется в виде не затухающих или медленно затухающих ПФК на протяжении всего времени остеосинтеза. Изменяется лишь их интенсивность, вслед за колебаниями уровня интерорецептивной импульсации.

Таблица 1

Частота встречаемости разных видов спонтанной биоэлектрической активности мышц экспериментальных животных в процессе удлинения голени методом дистракционного остеосинтеза с темпом 1 мм в сутки

Вид активности		Мышца	Сроки эксперимента (дни)							
			Исходно	Дистракция			Фиксация			После снятия аппарата
				14	28	35	30	60	90	
ПФ	0	MG	1	0	0	0	0	0	0	0
		MTA	1	0	0	0	0	0	0	0
	I	MG	0	0	0	0,25	0,44	0,50	0,67	0
		MTA	0	0	0	0,25	0,44	0,50	0,67	0
	II	MG	0	0,50	0,27	0,50	0,33	0,38	0,33	0
		MTA	0	0,50	0,31	0,50	0,31	0,38	0,33	0
	III	MG	0	0,50	0,73	0,25	0,22	0,13	0	0
		MTA	0	0,50	0,69	0,25	0,24	0,13	0	0
ПФК	0	MG	1	0	0	0	0	0	0	0,6
		MTA	1	0	0	0	0	0	0	0,6
	I	MG	0	0,67	0,12	0,13	0,13	0,38	0,67	0,30
		MTA	0	0,67	0,23	0,13	0,16	0,50	0,67	0,30
	II	MG	0	0,17	0,54	0,75	0,44	0,25	0,33	0,10
		MTA	0	0,17	0,46	0,75	0,47	0,38	0,33	0,10
	III	MG	0	0,17	0,35	0,13	0,42	0,38	0	0
		MTA	0	0,17	0,31	0,13	0,38	0,13	0	0
N		77	6	26	8	45	8	3	20	

Примечание: характеристика спонтанной активности: 0 – полное отсутствие, I - быстрое угнетение, II - медленное затухание, III - отсутствие изменений интенсивности; N – количество наблюдений при отведении биопотенциалов от икроножной (MG) и передней большеберцовой (MTA) мышц.

Дополнительным источником ПФК- подобных потенциалов может быть возникновение периферических генераторов биоэлектрической активности, условия для возникновения которых появляются вследствие воздействия длительного дозированного растяжения на нервные волокна в зоне удлинения

из-за изменений в структуре их оболочек. Однако данных по этому вопросу чрезвычайно мало.

Маловероятным представляется нам предположение о связи тонической активности ДЕ вследствие проприорецептивного конфликта, возникающего в результате одновременного растяжения мышц-антагонистов в процессе distraction. Поскольку оно не учитывает факт центрального торможения мотонейронной активности, состояние проводниковой части нервного ствола (в особенности толстых миелинизированных волокон) и самих мышечных веретён.

Проведённые нами совместно с морфологами экспериментальные исследования показали, что мышечные веретёна вовлекаются под воздействием длительного дозированного растяжения в интенсивные структурные перестройки, что затрудняет их участие в качестве интенсивного источника фонового напряжения мышц. Поэтому тоническая активность медленных ДЕ, непосредственно порождаемая афферентацией от мышечных веретён, может иметь место краткий период только в самом начале distraction. Эксперименты с высоким темпом удлинения показали, что в этих условиях мышечные веретёна вовлекаются в реактивные изменения значительно быстрее и интенсивнее, чем при обычной distraction, но ПФК при этом не исчезают. Всё вышесказанное позволяет нам рассматривать интенсивность ПФК-активности мышц удлиняемого сегмента в качестве индикатора функционирования спинальных механизмов тонического защитного рефлекса.

Многообразие вариантов ЭМГ- паттернов при максимальном произвольном напряжении, отводимых накожными электродами, мы условно подразделили на 3 больших типа (рис. 1, табл. 2): интерференционную насыщенную ЭМГ, редуцированную ЭМГ и атипичную ЭМГ. К первому типу относятся все записи биоэлектрической активности, на которых трейс заполнен множественными суммарными колебаниями потенциалов действия (ПД) ДЕ, образующими сложную насыщенную интерференционную кривую. Ко второму типу принадлежат электрограммы, на которых участки интерференционной ЭМГ

чередуются с «периодами молчания». Третий тип включает записи ЭМГ, состоящие из серии отдельных ПД.

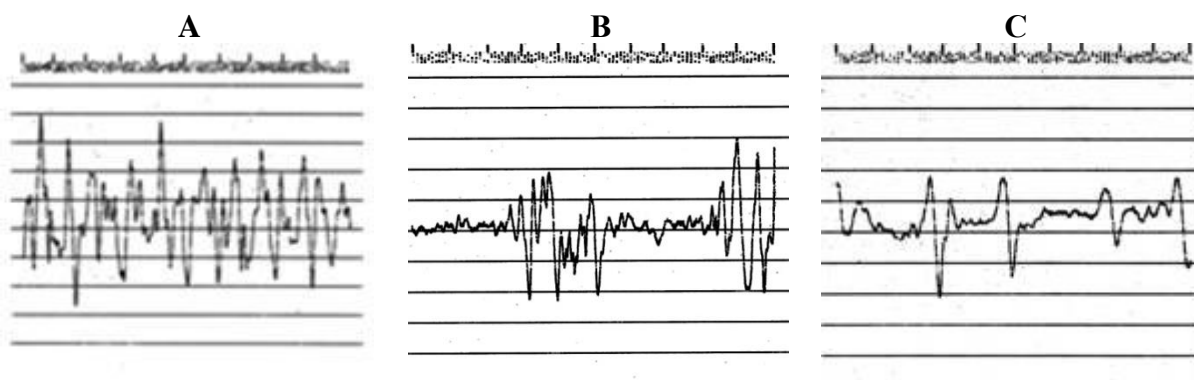


Рис. 1. Три типа ЭМГ- паттернов: А - интерференционная ЭМГ (Инт-1b), В - редуцированная ЭМГ (Ред-2), С - атипичная ЭМГ (ПД-2); Расстояние между двумя горизонтальными линиями координатной сетки 20 мкВ, длительность записи 0,1 сек - развёртка 10 мс на деление.

Шкалу значений амплитуды (А) ЭМГ мы условно делим на три диапазона, как показано в таблице (табл. 2): $A < 20 \text{ мкВ} < A \leq 100 \text{ мкВ} < A$. В связи с этим, три вышеуказанных типа ЭМГ превращаются в девять функциональных подтипов. Для интерференционной ЭМГ выделены три диапазона частоты её колебаний: $f \leq 50 \text{ к/с} < f \leq 100 \text{ к/с} < f \leq 300 \text{ к/с} < f$. Поэтому каждый подтип интерференционной ЭМГ распадается на три класса. Границы диапазонов выбраны эмпирически, на основании данных литературы, ранее полученных результатов и их интерпретации.

Практика отведения и идентификации ЭМГ внесла ряд поправок в вышеизложенную систему описания паттернов биоэлектрической активности мышц в условиях удлинения конечностей. Было отмечено, что снижение в ходе distraction амплитуды произвольной ЭМГ ниже 20 мкВ повышает вероятность возникновения необратимых изменений структуры и функции удлинённой мышцы. В связи с этим, мы выделяем интерференционную ЭМГ с амплитудой 20 мкВ в отдельную таксономическую единицу - тип «И-min». Он рассматривается как некоторый критический паттерн активности. Варианты биоэлектрической активности ниже критического уровня амплитуды (20 мкВ) объединены нами в группу сверхнизкоамплитудных паттернов ЭМГ (Min-3).

Таблица 2

Распределение паттернов ЭМГ при максимальном произвольном напряжении в зависимости от их конфигурации и амплитудно-частотных характеристик

Амплитудные диапазоны ЭМГ	Атипичная ЭМГ	Редуцированная ЭМГ	Интерференционная ЭМГ		
			частотные диапазоны		
			$f \leq 100$ к/с	$100 \text{ к/с} < f \leq 300$ к/с	$f > 300$ к/с
			a	b	c
$A > 100$ мкВ	ПД-1	Ред-1	Инт-1a	Инт-1b	Инт-1c
$20 \text{ мкВ} < A \leq 100$ мкВ	ПД-2	Ред-2	Инт-2a	Инт-2b	Инт-2c
$A = 20$ мкВ			И-min		
$A < 20$ мкВ			Min-3		

Принадлежность ЭМГ к разным типам определяется сочетанием центральных факторов, регулирующих активность соответствующего мотонейронного пула и периферических условий генерации ПД ДЕ, а также характера их суммации при отведении биоэлектрической активности (рис. 2). К первым относятся: функциональное состояние двигательного анализатора, неспецифических систем регуляции ЦНС и многоуровневой системы двигательных центров. Ко вторым – морфофункциональное состояние аксонов, нервно-мышечных синапсов, мышечных волокон, их тип, средняя территория, занимаемая ДЕ, а также свойства её внутренней микросреды и объёмного проводника на пути распространения биопотенциалов от сарколеммы к полюсам отводящих электродов.

Взаимодействие центральных факторов определяет частоту и степень синхронизации разрядов отдельных мотонейронов, а также долю мотонейронного пула спинального двигательного ядра тестируемой мышцы, отвечающую активацией на командный залп моторной коры головного мозга при максимальном произвольном усилии. В результате на выходе спинального двигательного центра формируется пакет волн возбуждения соответствующих моторных аксонов. Он является материальным носителем команды «максимальное произвольное напряжение». При этом её мощность отрегулирована так, что не превышает функциональных возможностей

периферической части ДЕ. Окончательный эффект действия этой команды модулируется упомянутыми выше периферическими условиями, которые (с помощью системы фильтрующих и сепарирующих элементов) определяют параметры ПД ДЕ и характер их суммации.

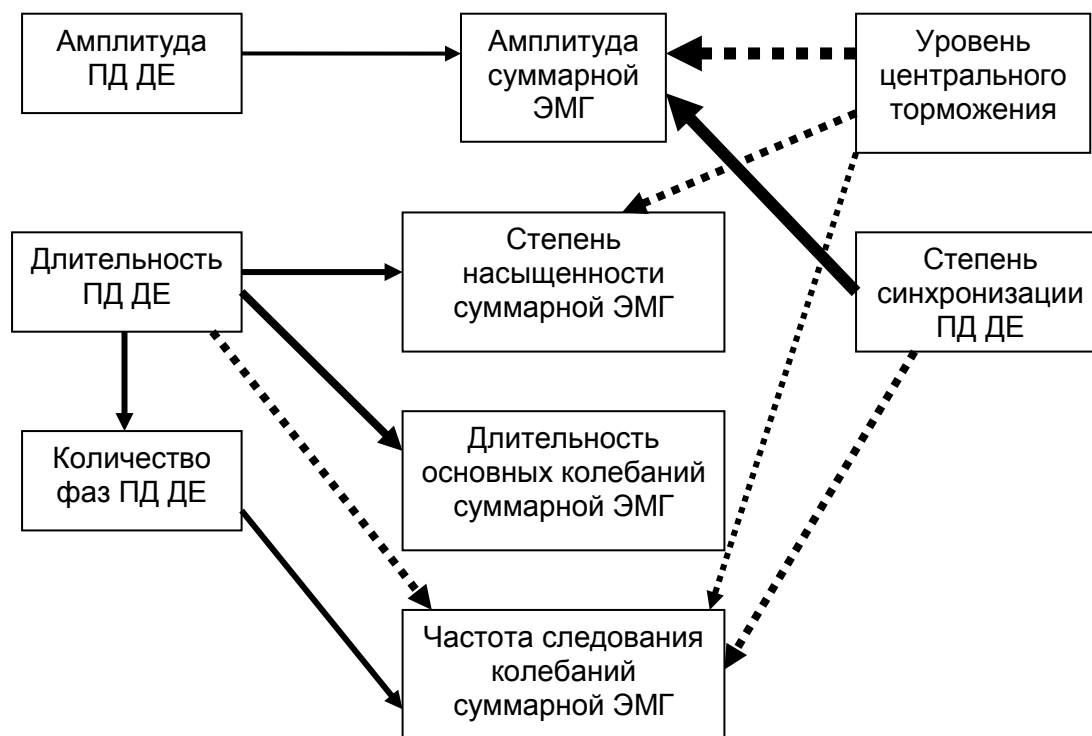


Рис. 2. Интегральное влияние центральных и периферических факторов на параметры интерференционной ЭМГ при максимальном произвольном напряжении. Непрерывными стрелками показаны положительные связи, прерывистыми – отрицательные связи. Толщина стрелки в первом приближении отражает степень влияния данного фактора на интегральный параметр

В норме (при отсутствии существенных отклонений в состоянии и функционировании нервно-мышечного аппарата) итогом реализации такой команды становится интерференционная ЭМГ, которая доминирует в дооперационных обследованиях. Случаи появления в этом периоде низкоамплитудной интерференционной ЭМГ среднего частотного диапазона могут быть связаны со снижением плотности мышечных волокон внутри ДЕ, при сохранении нормальных размеров территории последних. Причиной такого состояния мышц может быть недостаточность их кровоснабжения, что тормозит формирование мышечных волокон и создаёт преимущество для развития соединительной ткани.

Второй по частоте регистрации в предоперационном периоде является высокочастотная ЭМГ. Её появлению способствует сложная анатомическая конфигурация мышцы при наличии в ней нескольких двигательных точек, уменьшенная территория ДЕ. При нормальной плотности мышечных волокон внутри ДЕ высокочастотная ЭМГ имеет достаточно большую амплитуду (в используемых нами условиях отведения не ниже 100 мкВ). В случае врождённого укорочения конечности возникновению такого ЭМГ- паттерна также способствует сокращение территории ДЕ, вследствие локальной гипокинезии мышц укороченной конечности при пониженном уровне кровообращения. ПД ДЕ с уменьшенной территорией имеют более короткую длительность, поэтому их суммация даёт более высокочастотную ЭМГ.

Во время пребывания конечности в дистракционном аппарате резко возрастает разнообразие низкоамплитудных паттернов ЭМГ (рис. 3).

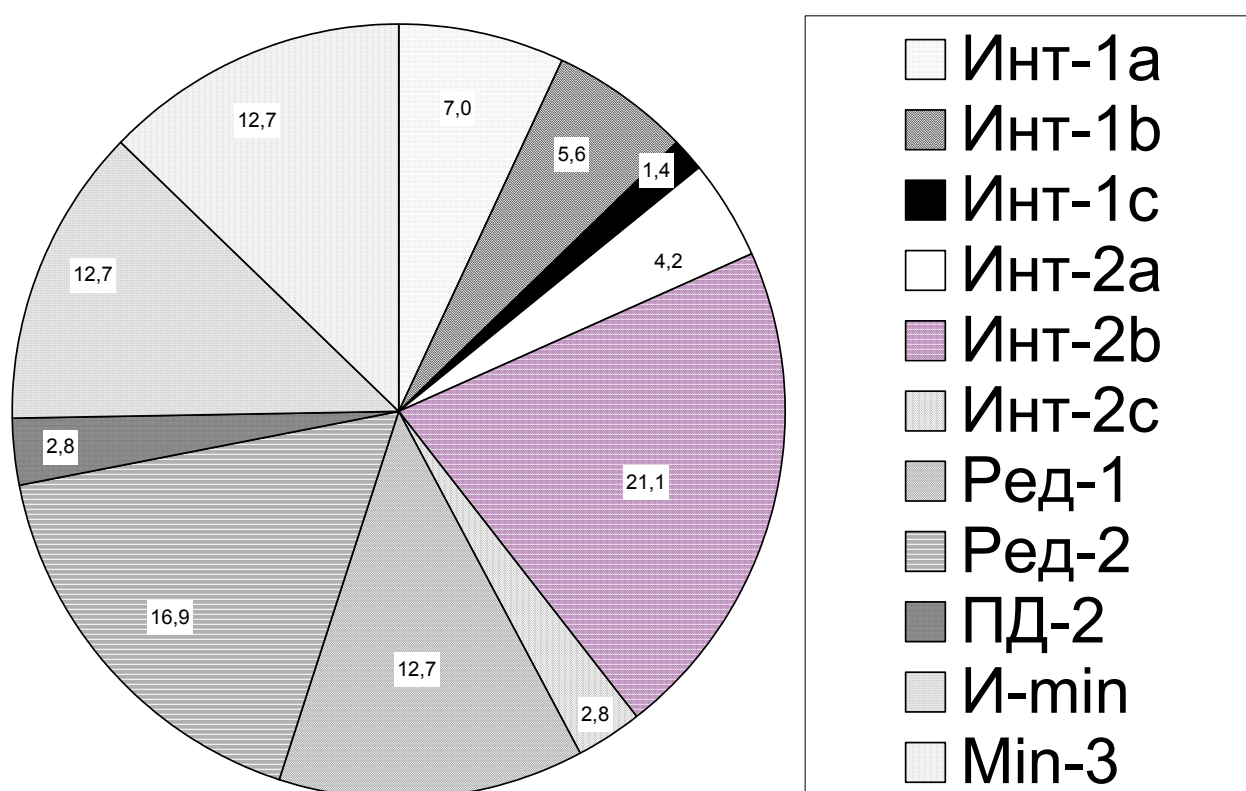


Рис. 3. Частота встречаемости (%) ЭМГ- паттернов в период удлинения конечности: Инт – интерференционная насыщенная; Ред – редуцированная; ПД – атипичная; min – сверхнизкая активность (объяснения в тексте).

Значительное уменьшение амплитуды и длительности ПД ДЕ, связанное со снижением плотности расположения входящих в них мышечных волокон,

сокращении занимаемой ими территории, ведёт к образованию высокочастотной, низкоамплитудной (менее 100 мкВ) ЭМГ. Высокая частота такой ЭМГ отражает рекрутирование большего, чем в норме, числа подобных ДЕ при развитии максимального произвольного напряжения. Отсюда в работах некоторых авторов тип ЭМГ называется «миопатическим». Если увеличение числа активированных ДЕ со сниженными функциональными возможностями обеспечивает поддержание заданного уровня усилия мышцы, то оно может рассматриваться как приспособление к снижению уровня функционального состояния ДЕ, т.е. в данном случае носит характер вторичного адаптивного признака.

Центральные эффекты воздействия факторов distractionного остеосинтеза изучены в меньшей степени, чем периферические, и, в основном, сводятся к развитию дисбаланса в афферентной части двигательной системы и генерализованного центрального торможения моторных структур ЦНС. В проведённых ранее исследованиях высказывалось положение, что моторное торможение в большинстве случаев носит охранительный характер, т.е. имеет адаптивный смысл. При этом значительно уменьшается общее количество рекрутированных ДЕ. Если в их периферической части отсутствуют выраженные структурно-функциональные сдвиги, вызванные distractionцией, то ПД ДЕ по амплитуде и частоте будут соответствовать норме, и результатом их интерференции станет низкоамплитудная ЭМГ (менее 100 мкВ) со средним частотным диапазоном.

Функциональные и морфологические корреляты реакции периферической части сенсомоторной системы на факторы distractionного остеосинтеза хорошо описаны в работах сотрудников нашего Центра и ряда других исследователей. В общем, они сводятся к развитию реактивных изменений соответствующих структур, сопровождающихся соответствующим снижением связанных с ними физиологических функций. Для периферической части ДЕ это проявляется в изменении амплитуды, длительности и фазности их ПД.

В период distractionции, когда доминируют структурно-функциональные изменения, соответствующие альтерационной стадии, т.е. часть возбудимых

элементов, составляющих периферический отдел ДЕ, теряют способность генерировать ПД. В результате может уменьшаться плотность распределения возбудимых элементов и территория ДЕ и, соответственно, снижается амплитуда и длительность ПД ДЕ, возрастает их полифазность. Интерференция таких ПД даёт низкоамплитудный высокочастотный тип.

Появление редуцированной, атипичной и сверхнизкой ЭМГ связано, прежде всего, с периодом пребывания в аппарате. Ведущими факторами при возникновении подобной ЭМГ в данных условиях являются высокий уровень центрального торможения и частичного блока проведения возбуждения по двигательным волокнам соответствующих отрезков нервных стволов. В случае абсолютного доминирования первого фактора регистрируется редуцированная ЭМГ, а при значительном нарастании роли второго - атипичная ЭМГ.

Уровень центрального торможения определяется балансом активирующих и тормозных влияний на мотонейронный пул. В большинстве случаев оно носит охранительный характер. Пусковым механизмом нарушения адаптации выступает резкое повышение интероцептивного фона. При этом тормозные влияния значительно усиливаются, они протекают параллельно с лавинообразным нарастанием реактивных процессов в периферических элементах ДЕ. При этом попытка произвольного напряжения мышцы сопровождается регистрацией сверхнизкой ЭМГ, вплоть до полного биоэлектрического молчания. Наличие данных электрофизиологических признаков свидетельствует о развитии стадии декомпенсации (т.е. структурно-функциональные изменения в ДЕ переходят границы, приемлемые для систем регуляции). При этом возникает необходимость во внешнем корректирующем воздействии.

Выбор оптимальных режимов distraction и проведение адекватных реабилитационных мероприятий в процессе удлинения позволяют минимизировать риск возникновения подобных ситуаций.

В период фиксации, когда репаративные изменения в мышцах и нервах начинают доминировать над реактивными, активно формируется новая структура ДЕ, за счёт реиннервации мышечных волокон, временно утративших

нервно-мышечные контакты, и иннервации новообразованных мышечных волокон. При этом территория, занимаемая ДЕ, значительно увеличивается, а плотность мышечных волокон в них оказывается невысокой, поэтому генерируемые ими ПД полифазны, имеют низкую амплитуду и большую длительность. Их интерференция на отводящих электродах порождает низкоамплитудную и низкочастотную ЭМГ, что соответствует наблюдениям, сделанным ранее. Сохранение непрерывности такого ЭМГ- паттерна становится возможным благодаря включению антиноцицептивных систем, снижающих уровень центрального торможения за счёт уменьшения эффектов повышенной ноцицепции. В противном случае, вместо интерференционной ЭМГ появляется атипичная, в которой отдельные ПД ДЕ и/или их пачки разделены «периодами молчания» разной протяжённости. Остаётся невыясненной роль синхронизации в генерации подобных паттернов ЭМГ.

В период удлинения в мышцах сегмента конечности, расположенного дистальнее зоны дистракции, и контралатеральной конечности доминирует высокоамплитудная интерференционная ЭМГ со средними значениями частоты. Вторым по частоте встречаемости ЭМГ- паттерном в этих мышцах является высокоамплитудная высокочастотная интерференционная ЭМГ.

После снятия аппарата быстрое восстановление амплитуды ЭМГ связано с уменьшением уровня центрального торможения, за счёт прекращения повышенной ноцицепции, а также благодаря восстановлению возбудимости периферических элементов ДЕ. При этом длительность ПД ДЕ остается высокой, а амплитуда значительно увеличивается. Интерференция таких ПД даёт высокоамплитудную ЭМГ с низкой частотой колебаний. Важную роль при этом, очевидно, играет синхронизация активности мотонейронов. Появление подобных паттернов высокоамплитудной уреженной ЭМГ после снятия аппарата отмечалось ранее у больных ахондроплазией. В большинстве случаев паттерны уреженной высокоамплитудной ЭМГ достаточно быстро уступали место основному активационному типу биоэлектрической активности.

Таким образом, предлагаемая нами система распределения записей ЭМГ по типам и классам расширяет возможности описания функционального состояния ДЕ мышц в условиях дистракционного остеосинтеза. Большинство из наблюдаемых при этом электрофизиологических феноменов являются отражением общей неспецифической реакции ЦНС на экстремальное воздействие комплекса факторов дистракционного остеосинтеза и выступают в качестве коррелятов процессов адаптации двигательной системы к новым условиям функционирования. На основании ЭМГ- критериев повышенного риска дезадаптивных изменений в ДЕ мышц удлиняемого сегмента производится коррекция режимов дистракции, и назначаются реабилитационные мероприятия, позволяющие оптимизировать функциональное состояние мышц в соответствии с условиями текущей стадии адаптивного процесса.

Проведённые нами исследования позволили сформулировать концепцию неспецифической реакции сенсомоторной системы на воздействие комплекса факторов дистракционного остеосинтеза (рис. 4, табл. 3), важными составляющими элементами которой являются изменения в соматосенсорном анализаторе и центральное охранительное торможение в моторной системе, управляющей мышцами нижних конечностей, что проявляется в снижении ЭМГ при попытке их максимального произвольного напряжения.

Воздействие дистракционного остеосинтеза на организм пациента представляет собой комплексный стрессор, который с определённой степенью условности можно разложить на ряд взаимозависимых факторов: изменение состава внутренней среды, баланса составляющих соматосенсорной афферентации, тканевых эффектов воздействия длительного дозированного растяжения.

Неспецифичность реакции выражается в отсутствии статистически значимых корреляционных связей между степенью её выраженности, с одной стороны, и возрастом, полом, этиологией, стороной и величиной укорочения конечности, с другой стороны. Из-за высокой сложности структуры

сенсомоторной системы проявление отдельных элементов данной комплексной реакции носит стохастический характер.

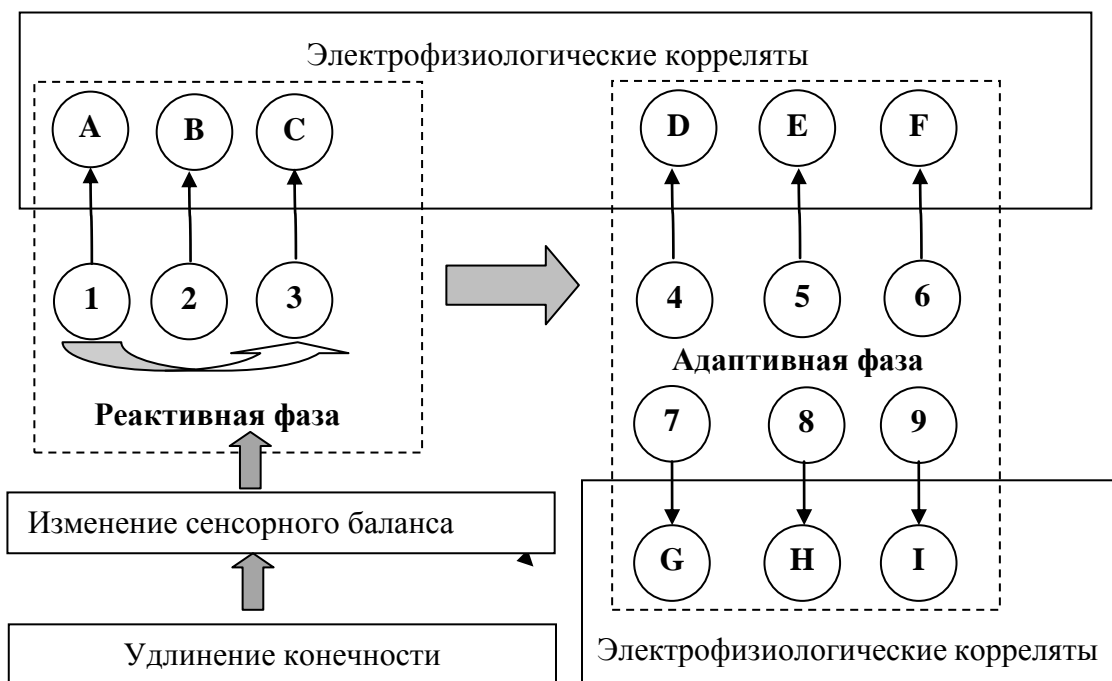


Рис. 4. Неспецифическая реакция соматосенсорного анализатора на действие длительного дозированного растяжения тканей конечности, удлиняемой методом дистракционного остеосинтеза. Цифрами обозначены физиологические процессы, а буквами – их электрофизиологические корреляты.

Снижение интенсивности и обеднение состава специфической соматосенсорной афферентации ведёт к дезинтеграции межнейронных связей в ЦНС, уменьшению активности в соматосенсорном анализаторе, редукции соматотопических представительства конечностей в ЦНС и размыванию их границ. Электрофизиологические корреляты (табл. 3) этих процессов позволяют судить об их интенсивности и направленности, а также характере взаимосвязи между ними. Их совокупность в период дистракции и составляет альтерационную фазу общей реакции ЦНС на длительное дозированное растяжение тканей удлиняемой конечности.

Вслед за альтерационной фазой в ЦНС развивается адаптивная стадия комплексной, неспецифической реакции, направленной на приспособление к новым условиям афферентации. Её неспецифичность мы связываем с генерализацией и адаптивным характером проявляющихся в ней процессов.

Таблица 3

Электрофизиологические корреляты пластических перестроек в ЦНС под влиянием длительного дозированного растяжения тканей удлиняемой конечности

<u>Реактивная фаза (период distraction)</u> Последствия частичной деафферентации соматосенсорного анализатора в условиях distraction и их проявление в изменении параметров ВП	
<u>Последствия нарушения сенсорного баланса</u>	<u>Электрофизиологические корреляты</u>
1. Дезинтеграция межнейронных связей	«А» Снижение коэффициентов корреляции между мгновенными значениями амплитуды в симметричных отведениях ССВП, редукция его конфигурации.
2. Уменьшение активности в специфической подсистеме соматосенсорного анализатора	«В» Увеличение латентных периодов и уменьшение амплитуды ранних и промежуточных компонент ВП
3. Редукция и «размывание контуров» представительства конечностей в двигательном анализаторе	«С» Снижение амплитуды и интеграла сенсорных компонент ВП, редукция его конфигурации
<u>Адаптивная фаза (период фиксации)</u> Разнообразие физиологических механизмов, компенсирующих сдвиг сенсорного баланса, их проявление в изменении параметров ССВП	
Компенсаторные перестройки в ЦНС	Электрофизиологические корреляты
4. Перераспределение активности нейронных ансамблей первичных проекционных областей коры анализатора в симметричных точках полушарий мозга	«Д» Появление амплитудной асимметрии ССВП
5. Увеличение доли полисенсорных нейронов в нейронных ансамблях первичных проекционных зон коры депривированного анализатора	«Е» Повышение частоты встречаемости второго и третьего типов вызванной активности
6. Дополнительное активирование нейронных ансамблей ассоциативных областей коры головного мозга	«F» Билатеральное повышение ранга усреднённой вызванной биоэлектрической активности
8. Изменение характера фильтрации различных компонентов сенсорного притока в депривированном анализаторе	«G» Изменение амплитуды фаз ВП, связанных с соответствующими компонентами афферентного притока в депривированном анализаторе
9. Развитие центрального торможения произвольной мышечной активности удлиняемой конечности	«Н» Низкий уровень суммарной ЭМГ мышц удлиняемой конечности, при попытке их максимального произвольного напряжения
10. Повышение тонической активности части медленных двигательных единиц	«I» Регистрация повышенного уровня ЭМГ-покоя в виде потенциалов фасцикуляции

Ядром адаптации ЦНС являются: перераспределение активности ипси- и контралатеральных по отношению к удлиняемой конечности кортикальных представительства соматосенсорного анализатора, интенсификация их связей с

ассоциативными областями коры. В результате меняется характер центрифугальных влияний сенсомоторной коры на подконтрольные ей афферентные и эфферентные структуры, обеспечивающие двигательную активность с участием удлиняемой конечности, а именно: перестраивается система фильтрации сенсорных потоков в ЦНС, и развиваются мощные тормозные влияния на соответствующие спинальные двигательные центры. Электрофизиологическими методами, в первом случае, регистрируются соответствующие изменения амплитуды и латентного периода фаз ВП, связанных с соответствующими компонентами афферентного притока в депривированном анализаторе; а во втором – угнетение ЭМГ мышц удлиняемой конечности при попытке их максимального произвольного напряжения.

По мере снижения интенсивности натяжения тканей конечности, что происходит через некоторое время после прекращения их дозированного растяжения, параметры вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга возвращаются к значениям близким к исходному уровню, что свидетельствует об обратимости наблюдаемых нами в процессе удлинения конечности изменений функционального состояния соматосенсорного анализатора.

Физиологический смысл обсуждаемой реакции ЦНС заключается в перенастройке функции внутренних механизмов анализатора, включая изменения характера фильтрации в системах специфической и неспецифической соматосенсорной афферентации, адекватные структуре общего сенсорного притока, сложившейся под влиянием длительного дозированного растяжения.

Полученные результаты могут быть использованы при решении проблем стандартизации и выбора стимулирующих воздействий при тестировании методом ССВП, адекватных решению научно-исследовательских и клинических задач, а также в разработке диагностических тестов, выявляющих гипертракционные повреждения нервов, которые дополняют существующие комплексы диагностических мероприятий. Они могут быть положены в основу

разработки системы дополнительного контроля эффективности использования методов ФБУ.

Проведённые исследования позволяют рекомендовать удлинение конечностей методом дистракционного остеосинтеза в качестве клинической модели для изучения механизмов восприятия сенсорной информации и сенсомоторного взаимодействия в процессах перестройки двигательных программ.

ВЫВОДЫ

1. Длительное дозированное растяжения тканей конечности вызывает трансформацию моторной программы простого двигательного акта (максимального произвольного напряжения заинтересованной мышцы).
2. Разнообразие ЭМГ- паттернов максимального напряжения мышц удлиняемого сегмента конечности отражает специфику реализации команды их центральной активации на фоне тонического защитного рефлекса. Степень трансформации эфферентной посылки проявляется в снижении амплитуды ЭМГ и отклонении её паттерна от интерференционного насыщенного.
3. Тонический защитный рефлекс, регистрируемый в мышцах удлиняемой конечности, включает в себя активацию ограниченного количества медленных двигательных единиц (потенциалы действия которых регистрируются в состоянии покоя), в сочетании с центральным торможением значительной части быстрых двигательных единиц.
4. Влияние спинального генератора защитного тонического рефлекса на эффект реализации центральной команды, инициирующей произвольную активацию тестируемой мышцы удлиняемого сегмента конечности, проявляется в виде общего снижения амплитуды суммарной ЭМГ в сочетании с увеличением разнообразия регистрируемых ЭМГ- паттернов.
5. Активация защитного тонического рефлекса мышц удлиняемого сегмента конечности происходит под влиянием изменённого характера соматосенсорной афферентации, о чём свидетельствуют изменение

конфигурации вызванных потенциалов и динамика их количественных показателей.

6. Способ анализа паттернов вызванной электрокожной стимуляции низкой интенсивности усреднённой биоэлектрической активности первичной соматосенсорной коры головного мозга, основанный на выделении её типологических характеристик, увеличивает информативность и сферу применения методики соматосенсорных вызванных потенциалов, обеспечивая текущий контроль уровня надёжности протекания информационных процессов в сенсомоторной системе под влиянием длительного дозированного растяжения тканей конечности.
7. Разнообразие паттернов биоэлектрической активности первичной соматосенсорной коры головного мозга, вызванной в ответ на электрическое раздражение низкой интенсивности соответствующих кожных рецептивных полей, сводится к пяти универсальным типам, отражающим (в виде порядковой шкалы) степень маскировки вызванного потенциала сопровождающими его электрофизиологическими феноменами.
8. Соотнесение количественных характеристик интенсивности вызванной биоэлектрической активности проекционной коры (интеграла и амплитуды компонент вызванного потенциала) с её типом позволяют дифференцировать изменения, связанные с ответом специфической и неспецифической подсистем соматосенсорного анализатора на электрическое воздействие низкой интенсивности соответствующих кожных рецептивных полей.
9. Представленный набор интегративных показателей, отражающий общее состояние сенсомоторной системы, характеризует степень надёжности реализации ею двигательной функции.
10. В условиях изменения сенсорного баланса, вызванного действием длительного дозированного растяжения тканей удлиняемой конечности, сигналы внешней биологической обратной связи снижают уровень

дефицита информации в сенсомоторной системе о текущем состоянии её периферического эффекторного звена, что создаёт благоприятные предпосылки для формирования моторных навыков, соответствующих новым анатомо-биомеханическим условиям функционирования после окончания дистракционного остеосинтеза.

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

- 1.Получение при комплексном электрофизиологическом обследовании сочетания электрограмм с высоким уровнем шума и паттернов редуцированной электромиограммы требует проведения интенсивных реабилитационных мероприятий для сохранения моторной функции удлиняемой конечности после окончания лечения. В качестве современных высокотехнологичных способов коррекции функционального состояния сенсомоторной системы предпочтительно использование методов электромиостимуляции и функционального биоуправления.
- 2.В случаях, когда паттерны произвольной биоэлектрической активности имеют вид ненасыщенной (редуцированной) ЭМГ, в качестве реабилитационного воздействия может быть использована электромиостимуляция, в том числе и в комбинации с функциональным биоуправлением, но при этом электромиостимуляция должна предшествовать применению электромиографической биологической обратной связи, что будет способствовать уменьшению интенсивности тормозных влияний на мотонейронный пул в активируемой мышце. Контрольным условием успешности применения электромиостимуляции, позволяющим перейти к биоуправлению, является превращение редуцированной ЭМГ в интерференционную насыщенную.
- 3.При наличии атипичного, критического или сверхнизкого паттерна ЭМГ использование электромиографической обратной связи не эффективно. В случае регистрации подобной картины активности необходимо проводить несколько курсов электромиостимуляции, пока за счёт восстановления

возбудимости клеточных мембран и снижения уровня центрального торможения ЭМГ-паттерн не преобразится в интерференционную насыщенную активность.

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ:

БОС - биологическая обратная связь;
ВП - вызванный потенциал;
ДЕ - двигательные единицы;
ПД - потенциал действия;
ПФ - потенциалы фибрилляции;
ПФК - потенциалы фасцикуляции;
ССВП - соматосенсорные вызванные потенциалы;
ФБУ - функциональное биоуправление;
ЦНС - центральная нервная система;
ЭМГ - электромиограмма, электромиография;
ЭМГ-БОС – электромиографическая биологическая обратная связь;
ЭЭГ - электроэнцефалограмма.

СПИСОК ПУБЛИКАЦИЙ ПО ТЕМЕ ДИССЕРТАЦИИ

1. Сайфутдинов М.С. Состояние соматосенсорного анализатора у больных ахондроплазией после удлинения верхних конечностей / М.С. Сайфутдинов, О.В. Климов, Т.В. Сизова // Реабилитация больных с травмами и заболеваниями опорно-двигательной системы: перспективы развития: сб. науч. тр. - Иваново, 2000. - Кн. 4. - С.129-131.
2. Функциональное состояние конечности при удлинении ее в разное время суток и с разной дробностью distraction / С.А. Ерофеев, А.А. Шрейнер, **М.С. Сайфутдинов**, Н.К. Чикорина // Актуальные вопросы и перспективы развития многопрофильного лечебного учреждения: тез. докл. Всерос. конф. с междунар. участием. - Шиханы, 2001. - С. 207-209.
3. Психосоматические отношения в условиях патологически изменённой соматосенсорной афферентации / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // XVIII съезд физиологов России: тез. докл. - Казань, 2001. - С. 215.
4. Неспецифическая адаптивная реакция ЦНС и периферических структур двигательного анализатора на удлинение конечности / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова, Г.А. Криворучко // XVIII съезд физиологов России: тез. докл. - Казань, 2001. - С. 277.
5. Морфофункциональное описание состояния мышц голени в условиях последовательного distractionно-компрессионного остеосинтеза / А.В. Попков, Н.К. Чикорина, С.А. Ерофеев, **М.С. Сайфутдинов**, Д.А. Попков // Гений ортопедии. - 2001. - № 1. - С. 11-17.
6. Морфофункциональная характеристика мышц голени при удлинении ее с высокой дробностью и в разное время суток / Н.К. Чикорина, С.А.

- Ерофеев, **М.С. Сайфутдинов**, А.А. Шрейнер // Гений ортопедии. - 2001. - № 4 - С.13-17.
7. Шеин А.П. Методики и аппаратное обеспечение функционального биоуправления / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов** // Ахондроплазия: рук. для врачей / под ред. А.В. Попкова, В.И. Шевцова. - М.: Медицина, 2001. - С. 290-302.
 8. Морфофункциональная характеристика мышц голени экспериментальных животных при последовательном дистракционно-компрессионном остеосинтезе / А.В. Попков, Н.К. Чикорина, С.А. Ерофеев, **М.С. Сайфутдинов**, Д.А. Попков // Биомеханика-2002: тез. докл. VI Всерос. конф. по биомеханике. – Н. Новгород, 2002. - С. 159.
 9. ЭЭГ- корреляты развития и компенсации болевого синдрома при удлинении конечностей у больных ахондроплазией / А.П. Шеин, И.А. Меньщикова, **М.С. Сайфутдинов**, А.М. Аранович, Н.В. Сазонова // Боль и паллиативная помощь: тез. докл. Сибирской межрегион. науч.-практ. конф. - Новосибирск, 2002. - С. 184-187.
 10. Механизмы перераспределения афферентных потоков в условиях хронического дозированного растяжения тканей удлиняемой конечности / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, З.М. Кривоногова, А.А. Скрипников // Тезисы докладов 4-го Сибирского физиологического съезда. – Новосибирск, 2002. - С. 303.
 11. Электрофизиологический подход к биомеханически обусловленной необходимости коррекции моторных программ у ортопедических больных / А. П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, Т.В. Сизова, З.М. Кривоногова, А.А. Скрипников // Биомеханика-2002: тез. докл. VI Всерос. конф. по биомеханике. – Н. Новгород, 2002. - С. 192.
 12. Технологии функционального биоуправления в системе контроля и коррекции моторных и соматосенсорных функций у больных ортопедического и нейрохирургического профиля / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, Т.В. Сизова, З.М. Кривоногова, Н.А. Чухарева, А.А. Скрипников // Биоуправление в медицине и спорте: материалы VI Всерос. конф. - Омск, 2002. - С. 36-38.
 13. Биомеханические аспекты проблемы функциональной реабилитации опорно-двигательного аппарата при удлинении конечностей / А.В. Попков, **М.С. Сайфутдинов**, Д.А. Попков, Д.В. Долганов // Гений ортопедии. - 2002. - № 3. - С. 128-134.
 14. Использование нового метода компьютерного анализа вызванных потенциалов для тестирования функционального состояния соматосенсорного анализатора при удлинении конечностей у ортопедических больных / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // Инжиниринг в медицине: сб. науч. тр. III Всерос. науч.-практ. конф. - Челябинск, 2002. - С. 83-89.
 15. Ранговый метод оценки вызванной биоэлектрической активности головного мозга / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // Современные информационные

- технологии в диагностических исследованиях: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. - Днепропетровск: Пороги, 2002. - С. 171-174.
16. Диагностический комплекс для контроля функционального состояния сенсомоторной системы больных ортопедического и нейрохирургического профиля / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, Т.В. Сизова, З.М. Кривоногова, Н.А. Чухарева, А.А. Скрипников // Современные информационные технологии в диагностических исследованиях: сб. тр. Междунар. науч.-практ. конф. - Днепропетровск: Пороги, 2002. - С. 56-62.
 17. Шеин А.П.. Изменения параметров вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга у ортопедических больных с односторонними укорочениями верхних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза. Теоретические и методические аспекты: (предварительное сообщение) / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2002. - № 1. - С. 99-106.
 18. Шеин А.П. Изменения параметров вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга у ортопедических больных с односторонними укорочениями верхних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза: (первое сообщение) / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2002. - № 2. - С. 109-114.
 19. Шеин А.П. Изменения параметров вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга у ортопедических больных с односторонними укорочениями верхних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза: (второе сообщение) / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2002. - № 3. - С. 61-66.
 20. Шеин А.П. Изменения параметров вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга у ортопедических больных с односторонними укорочениями верхних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза: (третье сообщение) / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2002. - № 4. - С. 97-102.
 21. Вызванная удлинением конечности неспецифическая адаптивная реакция центральной нервной системы ортопедических больных / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. - 2002. - № 6. - С. 195-200. (список журналов, рекомендованных ВАК)
 - 22.. Синапсы и рецепторы мышц удлиняемых конечностей / В.И. Шевцов, А.П. Шеин, Н.К. Чикорина, **М.С. Сайфутдинов** // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. - 2002. - № 6. - С. 231-236. (список журналов, рекомендованных ВАК)
 23. Удлинение голени с высоким темпом в условиях автоматической дистракции (экспериментальное исследование) / С.А. Ерофеев, Н.К. Чикорина, **М.С. Сайфутдинов**, А.М. Чиркова // Человек и его здоровье: сб. тр. VIII Рос. нац. конгр. - СПб., 2003. - С. 89.

24. Тестирование соматосенсорного анализатора при удлинении конечностей у больных ахондроплазией / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // Человек и его здоровье: сб. тр. VIII Рос. нац. конгр. - СПб., 2003. - С. 315.
25. Возможности комплексного использования электромиографического и ультрасонографического тестирования состояния мышц у больных ахондроплазией / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // Актуальные вопросы лучевой диагностики в травматологии, ортопедии и смежных дисциплинах: сб. тр. науч.-практ. конф. - Курган, 2003. - С. 142-143.
26. **Сайфутдинов М.С.** Ранговая оценка вызванной биоэлектрической активности мозга при удлинении конечностей у ортопедических больных / М.С. Сайфутдинов, А.П. Шеин, Т.В. Сизова // Современные методы диагностики: сб. тез. V межрегион. науч.-практ. конф. - Барнаул: Азбука, 2003. - С. 253-254.
27. Морфофункциональные особенности адаптации передней большеберцовой мышцы к различным режимам удлинения голени в эксперименте / В.И. Шевцов, **М.С. Сайфутдинов**, М.М. Щудло, Г.Н. Филимонова // Человек и его здоровье: сб. тр. VIII Рос. нац. конгр. - СПб., 2003. - С. 105.
28. Шеин А.П. Функциональное биоуправление на разных стадиях адаптивного процесса в соматосенсорном анализаторе при удлинении верхних конечностей / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Биоуправление в медицине и спорте: сб. тр. V Всерос. конф.. - Омск: 2003. - С. 31-32.
29. **Сайфутдинов М.С.** Зависимость динамики вызванной биоэлектрической активности и морфологических характеристик мышц голени от вида оперативного вмешательства при её удлинении в эксперименте / М.С. Сайфутдинов, С.А. Ерофеев, Н.К. Чикорина // Гений ортопедии. - 2003. - № 4. - С. 67-71.
30. Сайфутдинов М.С. Комплексное исследование мышц при удлинении конечностей / **М.С. Сайфутдинов**, Т.И. Менщикова, Н.К. Чикорина // Морфофункциональные аспекты регенерации и адаптивной дифференцировки структурных компонентов опорно-двигательного аппарата в условиях механических воздействий: материалы междунар. науч.-практ. конф. - Курган, 2004. - С. 238-240.
31. **Сайфутдинов М.С.** Морфофункциональное состояние мышц голени собак, удлиняемой с темпом 3 мм в сутки в условиях автоматической distraction / М.С. Сайфутдинов, Н.К. Чикорина, С.А. Ерофеев // Морфофункциональные аспекты регенерации и адаптивной дифференцировки структурных компонентов опорно-двигательного аппарата в условиях механических воздействий: материалы междунар. науч.-практ. конф. - Курган, 2004. - С. 241-243.
32. Электрическая активность соматосенсорной коры головного мозга как показатель адаптивного процесса при удлинении конечностей: тез. докл.

- XIX съезда физиол. о-ва им. И.П. Павлова / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. - 2004. - Т. 90, № 8. - С. 221-222.
33. Неспецифическая адаптивная реакция центральной нервной системы, вызванная удлинением конечности, у ортопедических больных / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // III Российский конгресс по патофизиологии: Тез. докл. - М., 2004. - С. 17.
34. Морфофункциональные особенности реконструктивного нейромиогенеза удлиняемых мышц / Н.К. Чикорина, А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, Т.В. Сизова // Фундаментальные и прикладные проблемы гистологии. Гистогенез и регенерация тканей: материалы XVIII Всерос. науч. конф. гистологов. - СПб., 2004. - С. 64-65.
35. Морфофункциональное состояние рецепторного аппарата удлиняемой мышцы / Н.К. Чикорина, А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, Т.В. Сизова // Фундаментальные и прикладные проблемы гистологии. Гистогенез и регенерация тканей: материалы XVIII Всерос. науч. конф. гистологов. - СПб., 2004. - С. 65-67.
36. Нейрофизиологические и морфологические признаки частичной деафферентации удлиняемой конечности: тез. докл. XIX съезда физиол. об-ва им. И.П. Павлова / А.П. Шеин, Г.Д. Сафонова, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, А.П. Коваленко // Рос. физиол. журн. им. И.М. Сеченова. - 2004. - Т. 90, № 8 (прилож.) - С. 231.
37. Ерофеев С.А. Реакция мышц голени на ее удлинение с высоким темпом в условиях автоматической дистракции в эксперименте / С.А. Ерофеев, Н.К. Чикорина, **М.С. Сайфутдинов** // Гений ортопедии. - 2004. - № 4. - С. 18-22.
38. Задачи функционального биоуправления на разных стадиях адаптивных изменений при удлинении конечностей методом дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // Реабилитология: сб. науч. тр. - М.: Изд-во РГМУ. - 2004. - № 2. - С. 325-328.
39. Контроль и коррекции функционального состояния моторной и соматосенсорной систем у больных ортопедического и нейрохирургического профиля в условиях дистракционного остеосинтеза / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, Т.В. Сизова, А.А. Скрипников, З.М. Кривоногова // Реабилитология: сб. науч. тр. - М.: Изд-во РГМУ, 2004. - Вып. 2. - С. 331-333.
40. **Сайфутдинов М.С.** Вариант анализа вызванной биоэлектрической активности соматосенсорной коры головного мозга / М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова, А.П. Шеин // Вестн. новых мед. технологий. - 2004. - № 3. - С. 8-10. (список журналов, рекомендованных ВАК)
41. **Сайфутдинов М.С.** Адаптивное реагирование соматосенсорного анализатора в условиях удлинения конечностей методом дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова, А.П. Шеин // Вестн. новых мед. технологий. - 2004. - № 3. - С. 39-40. (список журналов, рекомендованных ВАК)

- 42.ЭМГ- контроль адаптивной реакции мышц при удлинении нижних конечностей ортопедических больных / **М.С. Сайфутдинов** [и др.]// Человек и его здоровье: сб. тр. X Рос. нац. конгр. - СПб., 2005. - С. 96.
- 43.Механизмы возникновения невропатий и возможности их устранения в условиях дистракционного остеосинтеза / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко, З.М. Кривоногова // Современные технологии диагностики, лечения и реабилитации больных с заболеваниями и повреждениями позвоночника, спинного мозга и периферической нервной системы: материалы Рос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. - Курган, 2005. - С. 293-296.
- 44.**Сайфутдинов М.С.** ЭМГ-корреляты адаптивной реакции мышц нижних конечностей больных ахондроплазией в условиях дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова, А.М. Аранович // Актуальные проблемы медицинской науки, технологий и профессионального образования: материалы юбил. науч.-практ. конф., посвящ. 25-летию ГОУ ДПО УГМАДО Росздрава. - Челябинск, 2005. – Т. 2. - С. 176-178.
- 45.Ерофеев, С.А. Состояние мышц голени при удлинении ее с высокой дробностью и в разное время суток / С.А. Ерофеев, Н.К. Чикорина, **М.С. Сайфутдинов** // Актуальные вопросы травматологии и ортопедии: сб. посвящ. 40-летию кафедры травматологии и ортопедии ВПХ ОмГМА. - Омск, 2006. - С. 143-145.
- 46.Морфофункциональное состояние мышц предплечья при врожденной аномалии развития / **М.С. Сайфутдинов**, Е.Б. Гребенюк, Л.А. Гребенюк, Т.В. Сизова // Человек и его здоровье: материалы XI Рос. нац. конгр. - СПб., 2006. - С. 170-171.
- 47.**Сайфутдинов М.С.** Адаптивная реакция центральной нервной системы ортопедических больных на удлинение конечности / **М.С. Сайфутдинов**, А.П. Шеин, Т.В. Сизова // Управление движением: материалы I Всерос. с междунар. участием конф. по управлению движением / под ред. И.Б. Козловской, О.Л. Виноградовой.- Великие Луки, 2006. - С. 83-84.
- 48.Функциональное состояние соматосенсорного анализатора у больных ахондроплазией после удлинения верхних и нижних конечностей / **М.С. Сайфутдинов**, А.М. Аранович, К.И. Новиков, О.В. Климов // Гений ортопедии. - 2006. - № 3. - С. 39-44.
- 49.**Сайфутдинов М.С.** Сопоставительный анализ активационных характеристик мышц нижних конечностей до и после их удлинения методом дистракционного остеосинтеза у больных ахондроплазией с данными компьютерной томографии / **М.С. Сайфутдинов**, К.А. Дьячков, М.А. Корабельников // Гений ортопедии. - 2006. - № 3. - С. 73-77.
- 50.Шевцов В.И. Неспецифическая адаптивная реакция центральной нервной системы ортопедических больных на удлинение конечности / В.И. Шевцов, **М.С. Сайфутдинов** // Структурно-функциональные и нейробиохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга:

- материалы Всерос. конф. с междунар. участием. - М.: Информкнига, 2006. - С. 363-367. (Издание РАМН, поддержано РФФИ; грант № 05-04-58098).
51. **Сайфутдинов М.С.** Электрофизиологическая оценка адаптационной реакции двигательных единиц мышц нижних конечностей ортопедических больных в условиях дистракционного остеосинтеза // Вестн. новых мед. технологий. - 2006. - № 3. - С. 145-148. (список журналов, рекомендованных ВАК)
52. Шеин А.П. Локальные и системные реакции сенсомоторных структур на удлинение и ишемию конечностей / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Г.А. Криворучко. - Курган: ДАММИ, 2006. - 284 с. Издательский проект, поддержанный грантом РФФИ (заявка 06-04-62019 от 18.08.2005).
53. Ерохин А.Н. Новое поколение экспертных систем медицинской диагностики, учитывающие влияние факторов внешней среды на проявление патологического процесса / А.Н. Ерохин, **М.С. Сайфутдинов** // Материалы I Всероссийской научно-практической конференции (10-11 апреля). - Курган, 2007. - С. 81-82.
54. **Сайфутдинов М.С.** Активационная способность мышц предплечья у пациентов с врожденной аномалией развития верхней конечности / **М.С. Сайфутдинов**, Е.Б. Гребенюк, Т.В. Сизова // Клиника, диагностика и лечение больных с врожденными аномалиями развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. - Курган, 2007. - С. 167-169.
55. **Сайфутдинов М.С.** Реакция мышц нижних конечностей больных ахондроплазией на дистракционный остеосинтез: материалы Рос. нац. конгр. «Человек и его здоровье» / М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова, А.М. Аранович // Травматология и ортопедия России. - 2007. - № 3, приложение. - С. 20.
56. **Сайфутдинов М.С.** Реакция двигательных единиц на воздействие факторов дистракционного остеосинтеза у больных с врождёнными аномалиями развития нижних конечностей / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова, Д.А. Попков // Клиника, диагностика и лечение больных с врожденными аномалиями развития: материалы Всерос. науч.-практ. конф. - Курган, 2007. - С. 169-170.
57. **Сайфутдинов М.С.** ЭМГ- оценка адаптивной реакции двигательных единиц мышц удлиняемой конечности / **М.С. Сайфутдинов**, А.П. Шеин, Т.В. Сизова // Тезисы докладов XX съезда физиологов России. - М., 2007. - С. 405.
58. Чикорина Н.К. Пластические возможности скелетных миоцитов при удлинении конечности по методу Илизарова в эксперименте: материалы 5-й Всерос. конф. «Бабухинские чтения в Орле» (5-7 июля 2006 г.) / Н.К. Чикорина, **М.С. Сайфутдинов** // Ретиноиды: альманах. - М.: ЗАО Ретиноиды, 2006. - Вып. 24. - С. 38-40.
59. Динамика ЭМГ- паттернов мышц при удлинении нижних конечностей ортопедических больных / **М.С. Сайфутдинов**, А.В. Попков, А.М. Аранович, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2007. - № 1. - С. 37-41.

60. **Сайфутдинов М.С.** Анализ разнообразия ЭМГ-паттернов мышц нижних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза у больных с укорочениями и аномалиями развития конечностей / **М.С. Сайфутдинов**, Д.А. Попков, А.Я. Коркин // Гений ортопедии. - 2007. - № 1. – С. 33-36.
61. **Сайфутдинов М.С.** Электрофизиологическая оценка состояния мышц нижних конечностей больных ахондроплазией в условиях дистракционного остеосинтеза / М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова, А.М. Аранович // Известия Челябинского науч. центра. - 2007. - Вып. 1 (35). - С. 188-192.
62. Сафонова Г.Д. Частичная деафферентация удлиняемой конечности – пусковой механизм процессов перестройки соматосенсорного анализатора / Г.Д. Сафонова, **М.С. Сайфутдинов** // Структурно-функциональные, нейрохимические и иммунохимические закономерности асимметрии и пластичности мозга: материалы Всерос. конф. с междунар. участием. - М.: Изд-во ИКАР, 2007. - С. 554-558. (Грант РФФИ № 07 –04 – 06109).
63. **Сайфутдинов М.С.** Качественный анализ электромиограмм максимального произвольного напряжения мышц нижних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза / М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2007. - № 2. - С. 46-51. (список журналов, рекомендованных ВАК)
64. Функциональное состояние мышц нижних конечностей у больных с разной степенью выраженности гонартроза под воздействием лечения и в процессе реабилитации / Т.В. Сизова, **М.С. Сайфутдинов**, В.Д. Макушин О.К. Чегуров // Гений ортопедии. - 2007. - № 2 - С. 84-91.
65. **Сайфутдинов М.С.** Электрофизиологическая оценка состояния мышц нижних конечностей больных ахондроплазией в условиях дистракционного остеосинтеза / М.С. Сайфутдинов, Т.В. Сизова, А.М. Аранович // Известия Челябинского науч. центра. - 2007. - Вып. 1 (35). - С. 188-192.
66. **Сайфутдинов М.С.** Лечение ортопедической патологии - клиническая модель формирования и перестройки центральных моторных программ двигательных навыков / **М.С. Сайфутдинов**, А.П. Шеин, Т.В. Сизова // Научные труды II съезда физиологов СНГ. - М: Медицина; Кишинэу: Здоровье, 2008. - С.171-172.
67. Аранович А.М. Функциональное состояние мышц нижних конечностей больных ахондроплазией в условиях дистракционного остеосинтеза / А.М. Аранович, **М.С. Сайфутдинов** // Развитие травматологии и ортопедии в Республике Беларусь на современном этапе: материалы VIII съезда травматологов-ортопедов Республики Беларусь. - Минск: РНПЦТО, 2008. - С. 152-154.
68. Сайфутдинов М.С. Методологические особенности комплексного описания мышц при удлинении конечностей / М.С. Сайфутдинов, Т.И. Менщикова,

- Н.К. Чикорина // Гений ортопедии. - 2008. - № 3. - С. 44-46. (список журналов, рекомендованных ВАК)
69. **Сайфутдинов М.С.** Особенности распределения ЭМГ- паттернов мышц удлиняемого сегмента у больных с врождёнными аномалиями развития нижних конечностей / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2008. - № 4. – С. 44-46. (список журналов, рекомендованных ВАК)
70. **Сайфутдинов М.С.** Состояние моторных центров мышц нижних конечностей в условиях дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. - 2008. - № 5 (63). - С. 24-30. (список журналов, рекомендованных ВАК)
71. Шевцов В.И. Мышечные веретёна при удлинении конечности: проприорецептивный конфликт или дефицит активности? / В.И. Шевцов, **М.С. Сайфутдинов**, Н.К. Чикорина // Бюл. эксперимент. биологии и медицины. - 2008. – Т. 146, № 7. - С. 114-116. (список журналов, рекомендованных ВАК)
72. **Сайфутдинов М.С.** Значение функциональной диагностики в оценке роли соматовисцеральных и висцеросоматических связей в регуляции общего функционального состояния организма / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Состояние окружающей среды и здоровье населения: материалы II Всерос. науч.-практ. конф.- Курган: Изд-во Курган. ун-та, 2009. - С. 41-42.
73. **Сайфутдинов М.С.** Прогнозирование гипертракционных нейропатий в процессе удлинения верхней конечности методом дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Актуальные вопросы хирургии верхней конечности: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием. - Курган, 2009. - С. 109-110.
74. **Сайфутдинов М.С.** Тестирование состояния моторных центров мышц при удлинении нижних конечностей методом дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Актуальные вопросы физиологии, психофизиологии и психологии: сб. науч. ст. Всерос. заочной науч.-практ. конф., посвящ. 180-летию со дня рождения И.М. Сеченова. - Уфа: РНЦ БашИФК, 2009. - С. 53-61.
75. **Сайфутдинов М.С.** Функциональное биоуправление как метод немедикаментозной коррекции адаптивного процесса двигательной системы при удлинении конечностей методом дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Немедикаментозная оптимизация состояния человека: материалы заочной науч.-практ. конф. - Тамбов: Изд-во ТГУ, 2009. - С. 42-46.
76. Задачи функционального биоуправления в зависимости от стадийности адаптивного процесса при удлинении конечностей методом дистракционного остеосинтеза / А.П. Шеин, **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова, Г.А. Криворучко // Биоуправление в медицине и спорте:

- материалы IX Всерос. науч. конф. - Омск: ИМББ СО РАМН, СибГУФК, 2009. - С. 32-36.
77. **Сайфутдинов М.С.** Функциональное состояние мышц тазовых конечностей у собак в условиях экспериментальной модели перелома седалищной кости / **М.С. Сайфутдинов**, Н.И. Антонов, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2009. - № 1. - С. 11-16. (список журналов, рекомендованных ВАК)
78. Гребенюк Л.А. Морфофункциональный комплексный ответ мышц нижних конечностей на воздействие длительного дозированного растяжения при оперативном удлинении / Л.А. Гребенюк, **М.С. Сайфутдинов**, С.О. Мурадисинов // Биомеханика - 2010: тез. докл. X Всерос. конф. - Саратов: Изд-во Саратов. ун-та, 2010. - С.63-64.
79. **Сайфутдинов М.С.** Адаптивные механизмы системы организации движения в условиях чрескостного дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Илизаровские чтения: материалы науч.-практ. конф. - Курган, 2010. - С. 300-302.
80. Сафонова Г.Д. Изменения в афферентном звене двигательного анализатора при классическом режиме удлинения конечности аппаратом Илизарова / Г.Д. Сафонова, **М.С. Сайфутдинов** // Морфология. - 2010. - Т. 137. - № 4. - С. 169.
81. Комплексное электромиографическое и ультрасонографическое тестирование мышц у больных ахондроплазией / Т.И. Менщикова, **М.С. Сайфутдинов**, А.М. Аранович, Т.В. Сизова // ARSMEDICA. - 2010. - № 9(29). - С. 239-241.
82. **Сайфутдинов М.С.** Динамика функционального состояния мышц предплечья у пациентов с врожденной аномалией развития верхней конечности в условиях дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, Е.Б. Гребенюк, Т.В. Сизова // Гений ортопедии. - 2010. - № 3. - С. 129-134. (список журналов, рекомендованных ВАК)
83. Патент № 2406460 РФ от 28.12.2010. Заявка № 2008150835 МПК⁸ А 61 В 17/56, 17/60 Способ прогнозирования неврологических осложнений в условиях удлинения конечности посредством дистракционного остеосинтеза / (в соавт. с А.П. Шеиным (РФ) от 22.12.2008.
84. **Сайфутдинов М.С.** Разработка количественных критериев оценки характера соматовегетативных отношений как способа контроля процессов адаптации организма к экстремальным воздействиям / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Состояние окружающей среды и здоровье населения: материалы III Всерос. науч.-практ. конф. - Курган: Изд-во Курган. ун-та, 2011. - С. 114-115.
85. **Сайфутдинов М.С.** Роль соматосенсорной афферентации в процессах регуляции моторной активности мышц удлиняемой конечности / **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Илизаровские чтения: материалы науч.-практ. конф. с междунар. участием, посвящ. 90-летию со дня рождения акад. Г.А. Илизарова, 40-летию РНЦ «ВТО» .- Курган, 2011. - С. 123.

86. Комплексное использование электромиографического и эхографического тестирования состояния мышц у больных при удлинении конечностей / **М.С. Сайфутдинов** [и др.] // Современные технологии функциональной и ультразвуковой диагностики в клинической медицине: материалы Всерос. науч.-практ. конф. с междунар. участием. - СПб., 2011. - С. 89.
87. Современные проблемы изучения структурно-функционального состояния верхних конечностей при лечении пациентов с врождёнными аномалиями / Л.А. Гребенюк, Е.Б. Гребенюк, **М.С. Сайфутдинов**, Т.В. Сизова // Сибирский мед. журн. - 2011. - № 3. - С. 103-106. (список журналов, рекомендованных ВАК)
88. Сайфутдинов М.С. Диагностическое значение проявлений защитного тонического рефлекса мышц нижних конечностей, удлиняемых методом distractionного остеосинтеза / М.С. Сайфутдинов, А.М. Аранович, Т.В. Сизова // Бюл. ВСНЦ СО РАМН. - 2011. - № 4(80), ч. 1. - С. 172-175. (список журналов, рекомендованных ВАК)
89. **Сайфутдинов М.С.** Электромиографические корреляты адаптивной реакции двигательных единиц мышц нижних конечностей на воздействие факторов distractionного остеосинтеза // Врождённое укорочение нижних конечностей у детей / под ред. А.В. Попкова. - Челябинск, 2011. - Гл. 4. - С. 193-230.
90. Сафонова Г.Д. Влияние длительных distractionных воздействий в процессе удлинения конечности на морфофункциональное состояние структурных составляющих двигательного анализатора / Г.Д. Сафонова, **М.С. Сайфутдинов**, Н.К. Чикорина // Материалы III съезда травматологов-ортопедов Уральского федерального округа и научно-практической конференции с международным участием «Чаклинские чтения». - Екатеринбург, 2012. - С. 118-120.
91. Ерохин А.Н. Способ коррекции функционального состояния мышц нижних и верхних конечностей больных ахондроплазией в условиях distractionного остеосинтеза / А.Н. Ерохин, **М.С. Сайфутдинов**, А.М. Аранович // Мед. техника. - 2012. - № 6 (276). - С. 6-9. (список журналов, рекомендованных ВАК)
92. **Сайфутдинов М.С.** Оценка активационной способности мышц нижних конечностей больных ахондроплазией в условиях distractionного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, А.М. Аранович, Т.В. Сизова // Мед. альманах. - 2012. - № 5 (24). - С. 163-166. (список журналов, рекомендованных ВАК)
93. Сайфутдинов М.С. Функциональное биоуправление электрической активностью мышц в условиях distractionного остеосинтеза / М.С. Сайфутдинов, А.П. Шеин, Т.В. Сизова // Вестн. новых мед. технологий. - 2012. - Т. 19, № 4. - С. 82-86. (список журналов, рекомендованных ВАК)
94. Комплексная оценка структурно-функционального состояния мышц и нейромоторного аппарата при удлинении конечностей: Метод. рекомендации / ФГБУ «РНЦ «ВТО» им. акад. Г.А. Илизарова»

Минздравсоцразвития России; – Курган, 2012. – 20 с. (в соавт. с Л.А. Гребенюк, Е.Б. Гребенюк, С.О. Мурадисинов.).

95. **Сайфутдинов М.С.** Соматосенсорная афферентация в условиях дистракционного остеосинтеза / **М.С. Сайфутдинов**, А.П. Шеин, Г.А. Криворучко // Сенсорные системы. - 2013. - Т. 27, № 1. - С. 68-79..
(список журналов, рекомендованных ВАК)